

УДК 539.2

**ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
РАСЧЕТНО-ИСПЫТАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СН-ЭВМ***И.А. Саврасов**ООО СК «ИнжГидроПроектСтрой» (г. Санкт-Петербург)*

© Саврасов И.А., 2022

**Аннотация.** В работе представлена электромеханическая часть автоматизированного испытательного комплекса СН-ЭВМ, предназначенного для исследования свойств конструкционных материалов при комбинированном воздействии осевой силы, крутящего момента и внутреннего давления. В состав электромеханической части входят датчики усилий и деформаций, измерительные преобразователи сигналов датчиков, аналого-цифровой комплекс (АЦК), система графического отображения информации (монитор ЭВМ), управляющая ЭВМ с устройством связи и блоком управления, двигатель постоянного тока типа ПБСТ мощностью 1,2 кВт.

**Ключевые слова:** испытательный комплекс, эксперимент, электрические датчики, блок управления, электродвигатели, автоматизированные электроприводы.

**DOI: 10.46573/2658-7459-2022-56-60**

Одной из актуальных задач экспериментальной механики деформируемого твердого тела является исследование механических свойств конструкционных материалов при сложном комбинированном нагружении [1, 2]. В лаборатории механических испытаний ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет» на автоматизированном испытательном комплексе СН-ЭВМ [3] (рис. 1) проводятся систематические экспериментальные исследования упругопластического поведения конструкционных материалов при комбинированном воздействии осевой силы, крутящего момента и внутреннего давления на тонкостенные цилиндрические оболочки.

Автоматизированный экспериментальный комплекс состоит из нагружающей установки, реализующей трехпараметрическое воздействие на образец (осевое нагружение, кручение и внутреннее давление), датчиков усилий и деформаций, измерительных преобразователей сигналов датчиков, аналого-цифрового комплекса (АЦК), системы графического отображения информации (монитора ЭВМ), управляющей ЭВМ с устройством связи и блоком управления. Блок управления выполняет функции задатчика траектории нагружения и регулятора, а в случае работы комплекса под управлением ЭВМ является согласующим устройством, обеспечивающим доступ оператора в процесс управления экспериментом с целью изменения режима и параметров регулирования. Источником первичного сигнала формирования траектории является прецизионный цифро-аналоговый генератор линейно изменяющегося напряжения (ГЛИН), представляющий собой последовательное включение кварцевого генератора прямоугольных импульсов, перестраиваемого делителя частоты, счетчика импульсов и цифро-аналогового преобразователя.



Рис. 1. Автоматизированный испытательный комплекс СН-ЭВМ

Диапазон изменения скорости выходного напряжения ГЛИН составляет от 1,0 до 3 в/с, дискретность выхода – 0,1 %, максимальное напряжение – 10 В. По выбору оператора входом каждого из трех задатчиков может быть либо выходной сигнал ГЛИН (параметрическое задание), либо измеряемый параметр одной из двух других координат (функциональное задание), либо сигнал от ЭВМ. Регулятор каждого из трех каналов обеспечивает выбор режима управления по деформации или нагрузке, а также включения-отключения обратной связи и изменения коэффициента регулирования в диапазоне от 1 до 50. Выходные сигналы регуляторов управляют работой автоматизированных электроприводов, в качестве которых в комплексе используются маломощные двигатели постоянного тока Д12ТФ, работающие от операционных усилителей напряжения с мощным выходным каскадом, и двигатель постоянного тока типа ПБСТ мощностью 1,2 кВт (рис. 2), работающий в комплекте с тиристорным преобразователем ТЭР-8. Крутящий момент в установке СН создается червячным редуктором и электродвигателем, которые расположены на подвижной траверсе рамы машины.

Для оперативного качественного контроля за ходом эксперимента измерительная информация выводится на ЭВМ. Измерение компонент нагрузок, действующих на образец, осуществляется тензорезисторным датчиком-силоизмерителем осевого усилия и крутящего момента и потенциометрическим датчиком внутреннего давления 2МД-300Т.

Механическая часть выполнена на базе испытательной машины ЦДМУ-30 («ФЕБ Веркштофпрюфмашинен Лейпциг», ГДР) и включает в себя замкнутую силовую раму с размещенными на ней элементами крепления образца и приводами реализуемых усилий (рис. 3). Вместе с электрической частью привод позволяет реализовать усилия растяжения-сжатия в образце до 60 кН и требуемый диапазон скоростей деформаций.

Усилия измеряются прямо на исследуемом объекте – цилиндрической оболочке. Нагрузки, действующие на образец (осевая и крутящий момент), определяются с помощью силоизмерителя, который состоит из круглой мембраны и элемента типа «беличья клетка» с наклеенными на них тензорезисторами (рис. 4).



Рис. 2. Двигатель постоянного тока ПБСТ



Рис. 3. Механическая часть

Рис. 4. Силопреобразователь  
«беличья клетка»

Датчики (тензорезисторы) рассчитаны на осевую силу 60 кН и крутящий момент 0,5 кНм. Погрешность в определении компонент нагрузки не превышает 1 %.

Механическая установка имеет требуемые захватные приспособления, а также средства измерения составляющих усилий и перемещений точек испытываемого образца. Включение в систему управления экспериментом ЭВМ с устройством сопряжения с объектом существенно упрощает подготовку и проведение физического эксперимента (см. рис. 4).

Испытательный комплекс СН-ЭВМ допускает проведение опытов как в трехмерном пространстве напряжений (мягкое нагружение), так и в трехмерном пространстве деформаций (жесткое или кинематическое нагружение) А.А. Ильюшина. Переход из одного подпространства в другое определяется выбором параметров управления.

Результаты экспериментальных исследований деформирования материалов при сложном нагружении используются для построения новых и аттестации существующих математических моделей теории пластичности. Например, на основе анализа полученных экспериментальных данных предложены математические модели процессов сложного упругопластического деформирования материалов по плоским и пространственным траекториям [3–6]. Таким образом, проводимые экспериментальные исследования упругопластического поведения металлов для изучения эффектов сложного нагружения являются актуальными и направлены на сбор экспериментальных данных, а также разработку и проверку достоверности моделей теории пластичности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулятьев В.И. Закономерности пластического деформирования конструкционных материалов при сложном нагружении. Дисс... докт. техн. наук. Тверь. 2012. 337 с.
2. Зубчанинов В.Г. Механика процессов пластических сред. М.: Физматлит. 2010. 352 с.
3. Патент РФ 97108023/20. *Автоматизированный комплекс для исследования упруговязко-пластических свойств материалов при сложном нагружении* / Зубчанинов В.Г., Охлопков Н.Л., Акимов А.В.; Заявл. 20.05.1997. Оpubл. 16.07.1998.
4. Zubchaninov V.G., Alekseev A.A., Gultiaev V.I. Modeling of deformation processes of structural steels along circular paths // *Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference on Modelling and Methods of Structural Analysis*. 2019. Vol. 1425. P. 1–6. DOI: 10.1088/1742-6596/1425/1/012186.
5. Зубчанинов В.Г., Алексеев А.А., Гулятьев В.И. Влияние замены неаналитических траекторий с точками излома гладкими траекториями на сложность процессов деформирования и нагружения материалов // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика*. 2020. № 2. С. 52–63. DOI: 10.15593/perm.mech/2020.2.05.
6. Зубчанинов В.Г., Алексеев А.А., Гулятьев В.И., Алексеева Е.Г. Процессы сложного нагружения конструкционной стали по пятизвенной кусочно-ломаной траектории деформирования // *Вестник Томского государственного университета. Математика и механика*. 2019. № 61. С. 32–44. DOI: 10.17223/19988621/61/4.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

*САВРАСОВ Иван Александрович* – генеральный директор ООО СК «ИнжГидро-ПроектСтрой», 191028, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный проспект, д. 22, лит. А.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Саврасов И.А. Электромеханическая часть автоматизированного расчетно-испытательного комплекса СН-ЭВМ // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2022. № 1 (13). С. 56–60.

**ELECTROMECHANICAL PART OF AUTOMATED CALCULATION  
AND TEST COMPLEX OF SN-COMPUTERS***I.A. Savrasov**ООО СК «InzhGidroProektStroj» (St. Petersburg)*

**Abstract.** The work presents the electromechanical part of the automated test complex SN-computer, designed to study the properties of structural materials under the combined influence of axial force, torque and internal pressure. Electromechanical part includes force and strain sensors, measuring transducers of sensor signals, analogue-to-digital complex (ADC), system of graphical display of information (computer monitor), control computer with communication device and control unit, DC motor of PBST type with capacity of 1,2 kW.

**Keywords:** test complex, experiment, electrical sensors, control unit, electric motors, automated electric drives.

**REFERENCES**

1. Gultiaev V.I. Laws of plastic deformation of structural materials at complex loading. Doct. Diss. (Engineering). Tver. 2012. 337 p. (In Russian).
2. Zubchaninov V.G. Mekhanika processov plasticheskikh sred [Mechanics of processes of plastic media]. Moscow: Fizmatlit. 2010. 352 p.
3. Patent RF 97108023/20. *Avtomatizirovannyj kompleks dlya issledovaniya uprugovyazko-plasticheskikh svoystv materialov pri slozhnom nagruzhenii* [Automated complex for investigation of elastic and viscous properties of materials under complex loading]. Zubchaninov V.G., Ohlopkov N.L., Akimov A.V. Declared 20.05.1997. Published 16.07.1998. (In Russian).
4. Zubchaninov V.G., Alekseev A.A., Gultiaev V.I. Modeling of deformation processes of structural steels along circular paths. *Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference on Modelling and Methods of Structural Analysis*. 2019. Vol. 1425, pp. 1–6. DOI: 10.1088/1742-6596/1425/1/012186.
5. Zubchaninov V.G., Alekseev A.A., Gultiaev V.I. The effect of replacing non-analytical trajectories with smooth trajectories with fracture points on the complexity of material deformation and loading processes. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mekhanika*. 2020. No. 2, pp. 52–63. DOI: 10.15593/perm.mech/2020.2.05. (In Russian).
6. Zubchaninov V.G., Alekseev A.A., Gultiaev V.I., Alekseeva E.G. Processes of complex loading of structural steel along a five-link piecemeal-broken deformation trajectory. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika*. 2019. No. 61, pp. 32–44. DOI: 10.17223/19988621/61/4. (In Russian).

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

*SAVRASOV Ivan Alexandrovich* – Chief Executive Officer, Ltd CC «InzhGidroProektStroj», 22, Liteyny Avenue, St. Petersburg, 191028, Russia.

**CITATION FOR AN ARTICLE**

Savrasov I.A. Electromechanical part of automated calculation and test complex of SN-computers // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2022. No. 1 (13), pp. 56–60.